



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월30일
(11) 등록번호 10-1625703
(24) 등록일자 2016년05월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23G 1/00 (2006.01) C23G 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7030897
(22) 출원일자(국제) 2010년06월21일
심사청구일자 2015년06월19일
(85) 번역문제출일자 2011년12월23일
(65) 공개번호 10-2012-0109999
(43) 공개일자 2012년10월09일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/039396
(87) 국제공개번호 WO 2010/151513
국제공개일자 2010년12월29일
(30) 우선권주장
12/491,213 2009년06월24일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US07014669 B2
US20050054203 A1
US20060128590 A1

(73) 특허권자
램 리써치 코퍼레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650
(72) 발명자
미하일리첸코 카트리나
미국 95131 캘리포니아주 샌호세 푸미아 드라이브
1818
(74) 대리인
특허법인인벤투스

전체 청구항 수 : 총 16 항

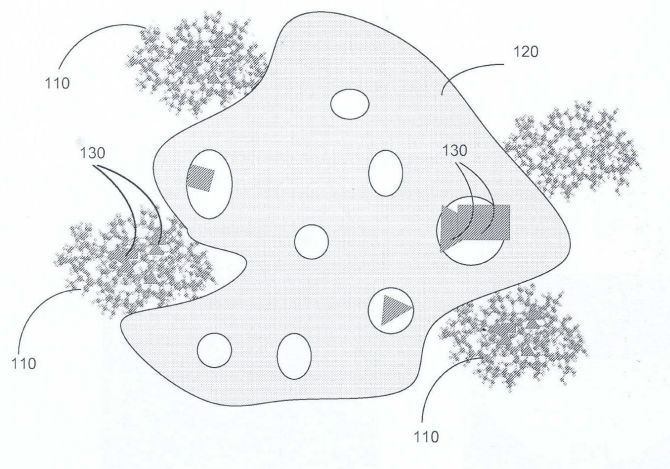
심사관 : 김종혁

(54) 발명의 명칭 손상이 없는 고효율 파티클 제거 세정

(57) 요약

반도체 기판 표면으로부터 오염물질들을 제거하기 위한 시스템, 방법 및 장치는, 세정 재료의 공급을 포함한다. 세정 재료는 세정액 및 그 세정액 내에 분산된 복수의 미크론-크기의 건조 폴리비닐 알코올 파티클들을 포함한다. 세정액은 장쇄 고분자로 형성된 단일상 고분자 화합물이고 구별되는 점탄성을 나타낸다. 복수의 미크론-크기의 건조 폴리비닐 알코올 파티클들은 세정액 내에서 액체를 흡수하고 세정 재료 내에 균일하게 부유된다. 부유된 폴리비닐 알코올 파티클들은 반도체 기판 표면상의 오염물질들 중 적어도 일부와 상호작용하여 기판 표면으로부터 오염물질들을 릴리즈하고 제거한다. 릴리즈된 오염물질들은 세정 재료 내에 포집되고 세정 재료와 함께 제거되어 실질적으로 깨끗한 기판 표면을 남긴다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

반도체 기판 표면으로부터 오염물질들을 제거하기 위한 세정 재료로서,

점탄성 (viscoelastic properties) 을 갖는 세정액으로서, 상기 세정액은 10,000 g/mol보다 큰 분자량으로 규정된 장쇄 고분자를 갖는 고분자 화합물, 탈이온수, 및 하나 이상의 첨가제들의 단일상 혼합물인, 상기 세정액; 및

상기 세정 재료를 형성하기 위해 상기 세정액 내에 분산된 복수의 폴리비닐 알코올 (PVA) 파티클들로서, 상기 폴리비닐 알코올 파티클들의 크기는 0.5 μm 내지 200 μm 이고, 상기 폴리비닐 알코올 파티클들은 상기 세정액의 액체를 흡수하고 상기 세정 재료 내에서 균일하게 부유되고 (suspended), 상기 폴리비닐 알코올 파티클들은 0.1wt% 내지 20wt%의 양으로 존재하는, 상기 복수의 폴리비닐 알코올 (PVA) 파티클들을 포함하고,

상기 세정 재료 내에 균일하게 부유된 상기 폴리비닐 알코올 파티클들은, 상기 반도체 기판의 상기 표면으로부터 상기 오염물질들을 릴리즈 (release) 하도록, 상기 오염물질들 중 적어도 일부와 상호작용하고,

상기 릴리즈된 오염물질들은 상기 세정 재료 내에 포집되는, 세정 재료.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 PVA 파티클들은 복수의 기공들을 포함하고, 상기 기공들의 크기는 상기 PVA 파티클들의 화학적 조성에 기초하여 변화하는, 세정 재료.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 반도체 기판의 상기 표면으로부터 릴리즈된 상기 오염물질들은 상기 세정 재료 내에서 부유된 상기 PVA 파티클들의 복수의 기공들 내에 포획되는, 세정 재료.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 반도체 기판의 상기 표면으로부터 릴리즈된 상기 오염물질들은 상기 세정 재료의 상기 장쇄 고분자 내에 포획되는, 세정 재료.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 PVA 파티클들은 스프링 상수 (spring constant) 에 의해 규정되고,

상기 스프링 상수는, 상기 PVA 파티클들에 상기 세정 재료의 공급 동안 형상을 변형시키고 회복시키도록 하기 위한 유연성 (flexibility) 을 제공하는, 세정 재료.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 세정액 내의 상기 PVA 파티클들의 부유는, 상기 PVA 파티클들에 의한 상기 세정액의 아쿠아 성분의 흡수, 상기 PVA 파티클들의 팽창 및 상기 세정액의 상기 장쇄 고분자 내의 상기 PVA 파티클들의 포집을 통해서 일어나고,

상기 포집된 PVA 파티클들은 상기 오염물질들과 상호작용할 때 소프트 마이크로 브러시들로서 작용하여 상기 반

도체 기관의 상기 표면에 형성된 피쳐들에 대한 손상을 방지하는, 세정 재료.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 세정 재료와 함께 상기 PVA 파티클들은, 상기 반도체 기관의 상기 표면에 공급된 상기 세정 재료상에 힘을 가함으로써 상기 반도체 기관상에 형성된 반도체 디바이스들 주위에서 변형되고,

상기 PVA 파티클들은, 피쳐들에 대한 기계적 손상을 야기시키지 않으면서 상기 반도체 기관의 상기 표면으로부터 상기 오염물질들을 제거하기 위해 상호작용 동안 추가적인 전단력을 제공하는, 세정 재료.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 PVA 파티클들은 복수의 기공들을 포함하고,

상기 세정 재료 내에 부유된 상기 PVA 파티클들의 크기는, 상기 PVA 파티클들의 크기가 상기 PVA 파티클들의 구조적 무결성 및 기능을 유지시키기 위해 대응하는 기공들보다 크게 되도록 하는 상기 기공들의 크기에 의해 규정되는, 세정 재료.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 PVA 파티클들의 크기는 20 μm 내지 200 μm 사이인, 세정 재료.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 세정 재료는 1% 내지 5% 의 범위의 중량 퍼센트를 갖는 PVA 파티클들로 형성되는, 세정 재료.

청구항 11

삭제

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 PVA 파티클들의 크기는 45-150 μm 또는 1000-1180 μm 의 범위인, 세정 재료.

청구항 13

반도체 기관의 표면으로부터 오염물질들을 세정하기 위한 장치로서,

평면에 따라서 상기 반도체 기관을 수용하고, 홀딩하고 이동하기 위한 기관 지지 기계적 메커니즘; 및

상기 반도체 기관의 상기 표면에 세정 재료를 공급하기 위한 세정 재료 디스펜서로서, 상기 세정 재료 디스펜서는 세정 재료 저장 유닛에 커플링된 디스펜서 암을 포함하고, 상기 디스펜서 암은 상기 반도체 기관의 상기 표면에 상기 세정 재료를 공급하도록 하는 위치로 이동되는 이동가능한 암인, 상기 세정 재료 디스펜서를 포함하고,

상기 세정 재료는,

점탄성을 갖는 세정액으로서, 상기 세정액은 10,000 g/mol보다 큰 분자량으로 규정된 장쇄 고분자를 갖는 단일 상 고분자 화합물인, 상기 세정액;

상기 세정 재료를 형성하기 위해 상기 세정액 내에 분산된 복수의 폴리비닐 알코올 (PVA) 파티클들로서, 상기 폴리비닐 알코올 파티클들의 크기는 0.5 μm 내지 200 μm 이고, 상기 폴리비닐 알코올 파티클들은 상기 세정액의 액체를 흡수하고 상기 세정 재료 내에서 균일하게 부유되고, 상기 폴리비닐 알코올 파티클들은 0.1wt% 내지 20wt%의 양으로 존재하는, 상기 복수의 폴리비닐 알코올 (PVA) 파티클들을 포함하고,

상기 세정 재료 내에 균일하게 부유된 상기 폴리비닐 알코올 파티클들은, 상기 반도체 기판의 상기 표면으로부터 상기 오염물질들을 릴리즈 (release) 하도록, 상기 오염물질들 중 적어도 일부와 상호작용하고,

상기 릴리즈된 오염물질들은 상기 세정 재료 내에 포집되는, 세정 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 세정 재료 디스펜서는 상기 세정 재료를 디스펜싱하기 위한 전달 홀을 갖는 근접 헤드이고,

상기 근접 헤드의 상기 전달 홀의 크기는, 상기 반도체 기판의 상기 표면으로의 상기 세정 재료의 공급을 가능하게 하기 위해 상기 PVA 파티클들의 크기보다 더 큰, 세정 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 전달 홀의 크기는 0.875mm 내지 10mm 사이인, 세정 장치.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 반도체 기판은 상기 근접 헤드 하부에서 이동하고,

상기 반도체 기판의 움직임은 상기 세정 재료와 상기 반도체 기판의 상기 표면 사이에 전단력을 도입하고,

상기 세정 재료 내의 상기 PVA 파티클들은 상기 반도체 기판의 상기 표면으로부터 상기 오염물질을 릴리즈하기 위한 추가적인 전단력을 제공하는, 세정 장치.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

상기 세정 재료 디스펜서는 제트 (jet) 인, 세정 장치.

청구항 18

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은, 일반적으로, 반도체 기판 프로세싱에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 특수 화학물질 제제 (specialty chemical formulation) 를 이용한 효율적인 손상이 없는 파티클 제거 세정을 제공하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

다양한 제조 동작들을 통해서 반도체 디바이스가 획득된다. 다양한 제조 동작들 동안, 기판은 제조 동작들에 이용된 임의의 재료 또는 화학물질을 포함하는 다양한 오염물질에 노출된다. 에칭, 퇴적 등과 같은 다양한 제조 동작에 이용되는 화학물질들은 기판의 표면에 형성된 반도체 디바이스들 상에 그리고 그 주변에 미립자들 또는 고분자 잔여물 오염물질들을 남긴다. 미립자 오염물질들의 크기는 기판 표면에 형성되는 피쳐 및 디바이스의 임계 치수들보다 더 크거나 또는 임계 치수 정도이다. 반도체 디바이스들의 크기가 점점 작아지면서, 그 상부에 형성되는 디바이스에 손상을 가하지 않고 기판의 표면으로부터 파티클들을 제거하는 것은 점점 더 어려워지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0003] 몇몇 실시형태들에서, 기관의 표면으로부터 오염물질들을 제거하기 위해 기계적 에너지가 이용된다. 그러나, 기계적 에너지를 가하는 것이 반도체 디바이스들을 붕괴하도록 야기한다는 것은 일반적으로 알고 있다. 반도체 디바이스에 대해 최소한의 손상을 야기시키는 오염물질들을 기관의 표면으로부터 제거하기 위해 특수 화학물질 제제를 이용하는 신규의 반도체 기관 처리 개념이 알려져 있다. 특수 화학물질 제제에 대해, 파티클 제거 효율 (PRE; particle removal efficiency) 은 화학물질 제제가 기관의 표면에 어떻게 공급되고 기관의 표면으로부터 어떻게 제거되는지에 의존한다. 특수 화학물질 제제의 선택은 기관의 유형 및 제거될 필요가 있는 파티클들의 유형에 크게 의존한다. 특수 제제를 이용하는 통상적인 PRE 값은 약 90% 정도이다. 이것이 높은 PRE 값이기는 하지만, 오염물질들의 남은 10% 은 세정 동작 이후에 기관상에 남겨진다는 것을 이해해야만 한다. 이 파티클 오염물질의 10% 은 현저한 수율 저하를 초래하고 따라서 후속 프로세스 동작 이전에 제거되어야만 할 수도 있다.
- [0004] 진술한 PRE 값은 완벽한 세정 환경에서 최적의 결과를 반영한다. 실제로는, PRE 값은 상기 추정치 보다 훨씬 낮을 (40 - 50% 만큼 낮음) 수 있어서, 기관의 표면 상에 수천개의 오염물질들이 남게 하여 잠재적으로 현저한 수율 손실을 초래한다.
- [0005] 진술한 관점에서, 더욱 효율적인 세정 기술이 반도체 디바이스들의 구조적 무결성을 보존하면서 기관의 표면으로부터 오염물질들을 제거하는데 필요하다. 이는, 본 발명의 이러한 맥락에서 발생한다.

과제의 해결 수단

- [0006] 대체로, 실시형태들은 기관 표면상에 형성된 디바이스 피쳐들에 기계적 손상을 가하지 않고 기관 표면으로부터 오염물질들을 제거하기 위한 개선된 기관 세정 기술을 제공함으로써 필요조건을 충족시킨다. 기관 세정 기술들은 세정액 내에 분산된 건조 PVA 파티클들을 포함하는 세정 재료를 이용한다. 세정액 내의 침지시에, PVA 파티클들은 물을 흡수하고, PVA 재료는 가수분해된다. 세정 재료가 기관의 표면에 공급될 때, PVA 파티클들은 오염물질들과 상호작용하고 기관의 표면과 오염물질 사이의 결합을 깨는 레버로서 작용하는 추가적인 전단력을 가한다. 세정액의 장쇄 폴리머들과 PVA 파티클들은 릴리즈된 오염물질들을 포집한다. 포집된 오염물질들은 세정 재료와 함께 기관의 표면으로부터 제거되고, 실질적으로는 깨끗한 기관 표면을 남긴다. PVA 파티클들은 기관의 표면으로부터 오염물질들을 부드럽게 릴리즈하도록 동작하는 소프트 마이크로 브러시로서 작용하는 작은 미크론-크기의 파티클들이다. PVA 파티클들의 부드러운, 스폰지 같은 특성은 인접 피쳐들 및 디바이스들에 충격을 가하지 않고 오염물질들을 제거하도록 부드럽게 동작한다. 파티클들의 미크론-스케일 크기는 가깝게 형성된 피쳐들 사이에 내의 영역들에 세정 재료가 도달하도록 가능하게 하고 오염물질들을 제거하여 실질적으로 깨끗한 기관 표면을 초래한다.
- [0007] 본 발명은 재료 (또는 용액), 방법, 프로세스, 장치 또는 시스템을 포함하는 수많은 방식으로 구현될 수 있다는 것을 이해해야만 한다. 본 발명의 몇몇 신규의 실시형태들이 이하 설명된다.
- [0008] 일 실시형태에서, 반도체 기관 표면으로부터 오염물질들을 제거하기 위한 세정 재료가 제공된다. 이 세정 재료는 세정액 및 그 세정액 내에 분산된 복수의 미크론-스케일 크기의 건조 폴리비닐 알코올 (PVA) 파티클들을 포함한다. 세정액은 고유의 점탄성을 나타낸다. 이 세정액은 장쇄 고분자로 형성된 단일상 고분자 화합물이다. 복수의 미크론-크기의 건조 폴리비닐 알코올 파티클들은 세정액 내의 액체를 흡수하고 세정 재료 내에 균일하게 부유된다. 부유된 PVA 파티클은 기관 표면으로부터 오염물질들을 릴리즈하고 제거하기 위해 반도체 기관 표면상의 오염물질의 적어도 몇몇과 상호작용한다. 릴리즈된 오염물질들은 세정 재료 내에 포집된다.
- 다른 실시형태에서, 세정액 내의 PVA 파티클들의 부유는, PVA 파티클들에 의한 세정액의 아쿠아 성분의 흡수, PVA 파티클들의 팽창 및 세정액의 장쇄 고분자 내의 PVA 파티클들의 포집을 통해서 일어나고, 포집된 PVA 파티클들은 오염물질들과 상호작용할 때 소프트 마이크로 브러시들로서 작용하여 반도체 기관의 표면상에 형성된 피쳐들에 대한 손상을 방지할 수 있다.
- 또 다른 실시형태에서, PVA 파티클들의 크기는 45-150 μm 또는 1000-1180 μm 의 범위일 수 있다.
- [0009] 또 다른 실시형태에서, 반도체 기관의 표면으로부터 오염물질을 세정하기 위한 장치가 제공된다. 이 장치는 평면에 따라서 반도체 기관을 수용, 홀딩 및 이송하기 위한 기관 지지 메커니즘을 포함한다. 또한, 이 장치는 기관 표면으로부터 오염물질을 세정하기 위해 세정 재료를 공급하기 위한 세정 재료 디스펜서를 포함한다.

세정 재료는 세정액 및 세정액 내에 분산된 복수의 마이크론-스케일 크기의 폴리비닐 알코올 (PVA) 파티클들을 포함한다. 세정액은 구별되는 점탄성을 나타내는 장쇄 고분자를 갖는 단일상 고분자 화합물이다. 건조 PVA 파티클들은 세정액 내의 액체를 흡수하고 세정 재료 내에 균일하게 부유된다. 부유된 PVA 파티클들은 기관의 표면으로부터 오염물질을 탈리시키기 위해 오염물질의 적어도 몇몇과 상호작용한다. 탈리된 오염물질들은 세정 재료 내에 포집되어 실질적으로 깨끗한 기관 표면을 남긴다.

또 다른 실시형태에서, 세정 재료 디스펜서는 제트 (jet) 일 수 있다.

[0010] 또 다른 실시형태에서, 반도체 기관의 기관 표면으로부터 오염물질을 제거하기 위한 방법이 제공된다. 이 방법은 세정 장치 내에 반도체 기관을 위치시키는 단계를 포함한다. 세정 재료는 반도체 기관으로부터 오염물질을 세정하기 위해 분산된다. 세정 재료는 세정액 및 세정액 내에 분산된 복수의 마이크론-스케일 크기의 건조 폴리비닐 알코올 (PVA) 파티클들을 포함한다. 세정액은 점탄성을 나타내는 장쇄 고분자를 갖는 단일상 고분자 화합물이다. 건조 PVA 파티클들은 세정액으로부터 액체를 흡수하고 세정 재료 내에 균일하게 부유된다. 복수의 PVA 파티클들은 기관 표면으로부터 오염물질을 탈리시키기 위해 반도체 기관상의 오염물질의 적어도 몇몇과 상호작용한다. 탈리된 오염물질들은 세정 재료 내에 포집된다.

[0011] 본 발명의 다른 양태들 및 이점들은 첨부된 도면들과 관련하여 취해지고 본 발명의 원리를 예시에 의해 예시하는 이하의 상세한 설명으로부터 명백하게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 발명은 첨부 도면과 관련하여 취해진 이하의 설명을 참조하여 용이하게 이해될 것이다. 이들 도면은 바람직한 실시형태들로 본 발명을 한정하지 않아야만 하고, 설명 및 이해만을 위한 것이다. 동일한 참조 부호는 동일한 구조적 엘리먼트들을 나타낸다.

도 1 은, 본 발명의 일 실시형태에서, 기관의 표면으로부터 오염물질을 제거하는데 이용된 세정 재료의 간략화된 물리적 도면을 예시한다.

도 2 의 (a) 는, 본 발명의 일 실시형태에서, 기관의 표면에 공급될 때 세정 재료의 간략화된 물리적 도면을 예시한다.

도 2 의 (b) 는, 본 발명의 일 실시형태에 따라서 기관의 표면상의 오염물질과 접촉되는 PVA 파티클들의 확대도를 예시한다.

도 2 의 (c) 는, 본 발명의 일 실시형태에서, PVA 파티클에 포집되는 오염물질의 확대도를 예시한다.

도 3 은, 본 발명의 일 실시형태에서, 기관의 표면으로부터 오염물질의 제거시에 이용되는 세정액의 샘플 고분자 사슬을 예시한다.

도 4 는, 본 발명의 일 실시형태에 따라서 기관의 표면으로부터 오염물질을 세정하기 위한 장치의 개략적인 도면을 예시한다.

도 5 는, 본 발명의 일 실시형태에서, 기관의 표면으로부터 오염물질을 세정하는데 이용된 장치의 대안적인 실시형태를 예시한다.

도 6 은, 본 발명의 일 실시형태에서, 표준 세정 재료 및 강화된 세정 재료를 이용하는 파티클 제거 효율 (PRE) 을 예시한다.

도 7 은, 본 발명의 일 실시형태에 따라서 기관의 표면에 강화된 세정 재료를 공급할 때 이용되는 동작들의 플로우차트를 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 세정 동작 동안 기관의 표면으로부터 오염물질들을 효율적으로 제거하고 손상 없이 파티클 제거 효율을 증가시키기 위한 몇몇 실시형태들이 이하 설명될 것이다. 그러나, 당업자에게는 이들 구체적인 세부사항들 모두 또는 일부 없이도 본 발명이 실행될 수도 있다는 것이 명백할 것이다. 다른 예시에서, 주지된 프로세스 동작들은 본 발명을 불필요하게 방해하지 않기 위해서 상세하게 설명되지 않는다.

[0014] 기관의 표면으로부터의 오염물질의 효율적인 제거는 기관 표면에 형성된 피쳐 및 결과 반도체 디바이스의 기능을 유지시키는데 도움을 준다. 기계적 손상 없이 더 작은 기술적 노드들에 대한 파티클들을 제거하는 것

은 더욱 어려워지고 있다. 본 발명의 일 실시형태에서, 강화된 세정 재료는 기관의 표면을 세정하는데 이용된다. 세정 재료는 장채 고분자를 갖는 고분자 화합물로 형성된 세정액을 포함한다. 이 세정액은 구별되는 점탄성을 나타낸다. 복수의 마이크론-크기의 건조 PVA 파티클들은 세정 재료를 형성하기 위해 세정액 내에 분산된다. PVA 파티클들은 세정액으로부터 액체를 흡수하고 세정액 내에 균일하게 분산된다. 세정 재료가 기관의 표면에 공급될 때, PVA 파티클들은 기관 표면으로부터 오염물질을 릴리즈하기 위해 오염물질들과 상호작용한다. 릴리즈된 오염물질들은 세정 재료 내에 포집되고 세정 재료와 함께 제거되어 실질적으로 깨끗한 기관 표면을 남긴다.

[0015] 종래의 기관 세정 장치 및 방법은 기관 표면으로부터 미립자들을 제거하는데 기계력을 이용하는 브러시 및 패드들을 포함한다. 좁은 폭 및 높은 에스펙트 비를 갖는 디바이스 구조를 이용하는 진보된 기술들에 대해, 브러시 및 패드들에 의해 가해진 기계력은 디바이스 구조에 손상을 가할 수 있다. 또한, 단단한 브러시 및 패드들은 기관 표면에 스크래치들을 야기할 수도 있다. 기관을 세정하기 위해 캐비테이션 기포 (cavitation bubble) 및 음향 스트리밍을 이용하는 메가소닉 세정 및 울트라소닉 세정과 같은 세정 기술들은 깨지기 쉬운 구조에 손상을 가할 수 있다. 또한, 제트 및 스프레이를 이용하는 세정 기술들은 막의 부식을 야기할 수 있고 깨지기 쉬운 구조에 손상을 가할 수 있다. 몇몇 세정 재료들은 세정을 보조하기 위해 세정 재료 내의 마모성 고체 (abrasive solid) 를 포함한다. 미세한 피쳐들을 이용하는 진보된 기술들에서, 세정 재료 내의 마모성 고체는 디바이스 구조에 대한 손상을 야기할 수 있다.

[0016] PVA 파티클들의 작은 크기는 세정 재료로 하여금 피쳐 및 기관 표면에 기계적 손상을 가하지 않고 기관의 표면 및 피쳐로부터 오염물질 파티클을 제거하는 것을 가능하게 한다. 또한, PVA 파티클들은 세정액 내의 액체를 흡수하여 세정액의 고분자 사슬 내에 균일하게 부유된다. PVA 파티클들은 기관의 표면에 추가적인 에너지를 가하고 기관의 표면과 오염물질 사이의 결합을 깨도록 작용하는 소프트 마이크로-브러시로서 거동하여, 이에 따라 근처에 형성된 피쳐들에 손상을 가하지 않고 오염물질을 릴리즈한다. 릴리즈된 오염물질들은 세정액의 장채 고분자 내에 그리고 PVA 파티클 내에 포집된다. 포집된 오염물질들은 세정 재료와 함께 제거된다. PVA 파티클들은 세정액에 의해 나타난 파티클 제거의 정상적인 메커니즘과 동시에 동작하는 추가적인 파티클 제거 메커니즘을 제공하여, 이에 따라 기관 표면에서 파티클 제거 효율을 강화시킨다.

[0017] 도 1 은 기관 표면으로부터 오염물질들을 제거하는데 이용되는 세정 재료 (100) 의 물리적 도면을 예시한다. 세정 재료 (100) 는 세정액 (110) 및 복수의 마이크론-스케일 크기의 PVA 파티클들 (120) 을 포함한다. 세정액은 고유의 점탄성 특징을 나타내는 장채 고분자를 갖는 고분자 화합물로 형성된다. 일 실시형태에서, 세정액은 단일상 화합물이다. 세정액의 장채 고분자는 오염물질 및 PVA 파티클들을 포획 (capture) 하고 포집 (entrap) 하는 고유한 능력을 제공한다. 세정액 내에 이용될 수 있는 고분자 화합물의 유형에 대한 세부 사항에 대해, 발명의 명칭이 "Materials for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media" 이고 2008년 6월 2일 출원된 미국 특허 출원 번호 제 12/131,654 호 (대리인 도켓 번호 LAM2P628A), 발명의 명칭이 "Methods for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media" 이고 2008년 6월 2일 출원된 미국 특허 출원 번호 제 12/131,660 호 (대리인 도켓 번호 LAM2P628C), 발명의 명칭이 "Apparatus for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media" 이고 2008년 6월 2일 출원된 미국 특허 출원 번호 제 12/131,667 호 (대리인 도켓 번호 LAM2P628G), 발명의 명칭이 "Single Substrate Processing Head for Particle Removal Using Low Viscosity Fluid" 이고 2008년 6월 30일 출원된 미국 특허 출원 번호 제 12/165,577 호 그리고 발명의 명칭이 "Composition of a Cleaning Material for Particle Removal" 이고 2008년 11월 7일 출원된 미국 특허 출원 번호 제 12/267,345 호 (대리인 도켓 번호 LAM2P644) 에 대한 참조가 이루어질 수 있다. 각각의 관련 출원들의 개시는 참조의 목적으로 본 명세서에 통합된다.

[0018] 복수의 마이크론-크기의 건조 PVA 파티클들이 세정액 내에서 분산된다. PVA 파티클들은 특성상 스폰지 같고, 복수의 기공들 (130) 을 포함한다. PVA 파티클들은 세정 동작 동안 PVA 파티클들이 유연성을 제공하도록 하게 하는 스프링 팩터 K 에 의해 규정된다. 따라서, PVA 파티클들이 재료 위로 강제될 때 그들의 형상을 잃을 수 있지만 PVA 파티클들이 재료로부터 떨어져 나갈 때 그 형상은 회복된다. PVA 파티클들의 크기는 PVA 파티클들의 특성 및 조성에 의해 규정된다. 일 실시형태에서, PVA 파티클들의 크기는 PVA 파티클 내의 해당 기포의 크기 정도이다. 세정액 내에서 분산될 때, PVA 파티클들은 세정액의 액체를 흡수하고 그 크기가 팽창되어 세정액의 장채 고분자의 한정 내에 포집된다.

[0019] 건조 PVA 파티클들에서 혼합하기 전에 세정액의 점성은 탈이온수 (DIW) 의 점성과는 다르고 더 높은 점성을 갖는다. 이는, PVA 파티클들이 DIW 또는 DIW 와 유사한 점성을 나타내는 화학물질에 부가될 때, PVA 파티클들이 물을 흡수하고 한 덩어리로 되거나 함께 클러스터링되는 용기의 바닥으로 가라앉아 정착하기 때문이다.

본 발명에서, PVA 파티클들을 부유시키는데 이용되는 세정액의 높은 점성은 PVA 파티클들이 퇴적되지 않게 방지한다.

[0020] 도 1 에 도시된 바와 같이, 결과로 나타나는 세정 재료는 균일하게 부유된 PVA 파티클들을 포함한다. PVA 파티클들이 오염물질과 상호작용할 수 있고 기관의 표면으로부터 오염물질을 릴리즈하도록, 이 세정 재료는 기관의 표면에 오염물질에 가깝게 근접하여 놓여진 PVA 파티클들을 통과시키는 매체를 제공한다.

[0021] 일 실시형태에서, 세정 재료는 약 0.1% 내지 약 20% 의 중량 퍼센트로 고분자 세정액 내에서 마이크론-크기의 건조 PVA 파티클들을 혼합함으로써 제조된다. 다른 실시형태에서, 고분자에 대한 건조 PVA 파티클들의 중량 퍼센트는 약 1% 내지 약 5% 사이이다. 일 실시형태에서, 건조 PVA 파티클들의 크기는 약 20 마이크론 내지 약 200 마이크론의 범위에 있다. 다른 실시형태에서, 건조 PVA 파티클들의 크기는 약 1 마이크론 내지 약 200 마이크론의 범위에 있다. PVA 파티클들이 세정액 내에서 부유되기 때문에, 이들은 물을 흡수하고 그 크기가 증가된다.

[0022] 세정 재료는 힘을 이용하여 가해진다. 이 힘은 기관의 표면에 걸쳐 세정 재료의 디스펜싱과 관련될 수도 있다. 일 실시형태에서, 진보된 기계적 세정 (AMC; Advanced Mechanical Clean) 기술은 기관의 표면에 세정 재료를 공급하도록 이용된다. AMC 기술을 이용하는 세정 기관에 대한 예시적인 장치의 세부사항은, 2008 년 6월 30일자로 출원된 발명의 명칭이 "Single Substrate Processing Head for Particle Removal Using Low Viscosity Fluid" 인 미국 특허 출원 번호 제 12/165,577 호에서 찾을 수 있으며, 그 전체가 본 명세서에 참조로서 통합된다. 이 실시형태에서, 세정 재료는 기관의 표면에 걸쳐서 균일하게 세정 재료를 공급하도록 충분한 힘을 이용하여 디스펜싱될 수도 있다. 이 힘은 세정 재료의 공급에 해당하는 기관의 상대적인 모션으로 인한 힘을 포함할 수도 있다. 힘(들)은 기관 표면상의 오염물질에 인접하게 PVA 파티클들을 놓는다. PVA 파티클은 레버로서 작용하여 표면으로부터 오염물질들을 릴리즈하도록 돕는 추가적인 전단력을 오염물질 상에 가한다. PVA 파티클들의 소프트 스폰지 같은 특성은 주변의 피쳐 및 디바이스들에 대한 손상을 예방하고, PVA 파티클들은 이들을 실질적으로 릴리즈하는 오염물질 상에 마이크로 브러시처럼 작용한다.

[0023] 도 2 의 (a) 내지 도 2 의 (c) 는 본 발명의 일 실시형태에서 기관의 표면으로부터 오염물질을 제거하는데 이용된 메커니즘을 예시한다. 도 2 의 (a) 에 도시된 바와 같이, 세정액 (110) 내에 분산된 PVA 파티클 (120) 을 갖는 세정 재료는 세정 재료 디스펜서 (미도시) 를 이용하여 기관 (10) 의 표면의 부분에 공급된다. 기관 (10) 의 표면은, 피쳐들과 디바이스들을 형성하는데 이용되었던 하나 이상의 제조 동작 동안 피쳐들 사이에서 그리고 피쳐/디바이스들의 상부 표면에 퇴적된 복수의 피쳐들 및 디바이스들 (미도시) 및 복수의 오염물질들 (130) 을 포함한다. 세정 재료 디스펜서는 PVA 파티클들로 하여금 표면상의 원치않는 파티클들과 상호작용하게 하는 표면에 세정 재료를 밀어 넣는 하향력과 같은 힘을 이용하여 세정 재료를 디스펜싱한다. 공급력 뿐만 아니라, 세정 재료 디스펜서와 관련하여 기관 (10) 의 상대적인 모션과 같은 다른 힘이 세정 재료상에 작용할 수도 있다. 점탄성을 갖는 이러한 힘들은, 세정 재료로 하여금 오염물질들의 적어도 몇몇과 상호작용하게 하여 기관의 표면으로부터 오염물질들을 릴리즈하고, 포집하고 제거하게 한다.

[0024] 파티클 제거 효율을 나타내는데 책임이 있는 세정액의 점탄성에 더해, PVA 세정액 (110) 내에 부유된 파티클 (120) 은, 오염물질들 (130) 의 제거를 돕는다. 도 2 의 (b) 및 도 2 의 (c) 는 기관 표면으로부터 오염물질들 (130) 을 제거하는데 있어서 PVA 파티클들 (120) 의 역할을 예시한다. 먼저 언급한 바와 같이, 건조 마이크론-크기의 PVA 파티클 (120) 은 세정액 (110) 으로부터 액체를 이용하여 가수분해하고 그 사이즈를 팽창시킨다. 가수분해된 그리고 팽창된 PVA 파티클들 (120) 은 균일한 점성의 세정 재료를 생성하는 세정액 (110) 의 장쇄 고분자 내에 부유한 채로 유지된다. 도 2 의 (b) 및 도 2 의 (c) 는 오염물질 제거 프로세스에서 PVA 파티클 (120) 의 역할을 더욱 잘 이해하기 위해 PVA 파티클들 (120) 및 오염물질들 (130) 의 확대된 도면을 도시한다. 세정 재료에는 PVA 파티클들 (120) 으로 하여금 오염물질 (130) 에 인접하게 하는 전단력이 가해진다. 도 2 의 (b) 에 도시된 바와 같이, PVA 파티클들 (120) 이 오염물질 (130) 에 인접하기 때문에, PVA 파티클들 (120) 과 관련된 스프링 팩터는 PVA 파티클들 (120) 이 오염물질들 (130) 의 형상을 따르도록 허용한다. 그 후, PVA 파티클들 (120) 은 오염물질들 (130) 에 추가적인 전단력을 가하기 위한 레버로서 작용하고 기관의 표면으로부터 오염물질들 릴리즈하도록 돕는다. 릴리즈되면, 오염물질 (130) 은 세정 재료의 고분자 사슬 내에 포집된다.

[0025] 본 발명의 일 실시형태에서, PVA 파티클들 (120) 의 스폰지-형 특성은 릴리즈된 파티클들 (130) 을 포획하는 것을 가능하게 한다. 도 2 의 (c) 에 도시된 바와 같이, 릴리즈된 오염물질들 (130) 을 캡처할 때, PVA 파티클들 (120) 과 관련된 스프링 상수는 복원된 PVA 파티클 (120) 로 하여금 원래의 형태로 복원하는 것을 가능하게 한다.

게 한다. 세정 재료의 공급력 및 기관 (10) 의 표면에 의해 제공된 상대적인 힘은 기관 (10) 의 표면으로부터 세정 재료와 함께 오염물질들 (130) 을 제거하는 것을 돕고, 실질적으로 깨끗한 기관 표면을 남긴다. 도 2 의 (a) 내지 도 2 의 (c) 는, 단일의 PVA 파티클이 단일의 오염물질과 상호작용하는 예시적인 실시형태를 예시한다. 단일의 PVA 파티클은 기관의 표면으로부터 오염물질들을 실질적으로 제거하도록 복수의 오염물질들과 상호작용할 수도 있다는 것에 유의해야만 한다.

[0026] 도 3 은, 세정액 (110) 의 장쇄 고분자가 오염물질들 (130) 의 포집에 도움을 주는 본 발명의 다른 실시형태를 예시한다. 도 3 은 일정한 비율로 도시되지 않았다는 것에 유의해야 한다. 도 3 은 기관 표면으로부터 릴리즈된 오염물질들을 포획하는데 이용된 포집 메커니즘을 예시하도록 도시된다. 또한, 도 3 에 예시된 고분자 사슬은 세정 프로세스 동안 PVA 파티클들 (120) 및 오염물질들 (130) 의 포집을 나타내기 위해 예시적이고, 임의의 구체적인 화합물을 나타내지 않는다. 실제 고분자 화합물은 유사한 포집 개념을 갖는 훨씬 간단하고 또는 더욱 복잡한 모델일 수도 있다. 도 3 에 도시된 바와 같이, PVA 파티클들 (120) 이 세정액에 첨가될 때, PVA 파티클들 (120) 은 세정액 (110) 으로부터 액체를 흡수하고 팽창하고 세정액 (110) 의 고분자 사슬 내에 포집된다. PVA 파티클들 (120) 을 갖는 세정 재료가 기관 표면에 공급될 때, 공급의 전단력은 PVA 파티클들 (120) 로 하여금 오염물질 (130) 과 상호작용하도록 하게 한다. 오염물질들 (130) 중 몇몇은 세정액 (110) 과의 상호작용에 의해 릴리즈된다. 남겨진 나머지 오염물질들 (130) 중 적어도 몇몇은 PVA 파티클들 (120) 과의 상호작용에 의해 제거된다. PVA 파티클들 (120) 은 추가적인 힘을 제공하는 소프트 마이크로 브러시로서 작용한다. PVA 파티클들 (120) 은 레버로서 작용하고 기관 표면으로부터 나머지 오염물질들 (130) 중 몇몇을 릴리즈하도록 동작하기 위해 이러한 추가적인 힘을 이용한다. 도 3 에 도시된 바와 같이, 몇몇 릴리즈된 오염물질들 (130) 은 고분자 사슬들 내에 포집되고, 그후 몇몇은 고분자 사슬 내에 포집된 PVA 파티클 내에 포집된다. 다음으로, 오염물질들 (130) 은 세정 재료와 함께 기관 표면으로부터 제거된다.

[0027] 세정 재료는 기관 표면을 세정하기 위해 이용된 공지의 장치들 중 임의의 하나의 장치를 이용하여 기관의 표면에 공급될 수도 있다. 일 실시형태에서, 근접 헤드가 이용되어 기관 (10) 의 표면에 세정 재료를 디스펜싱한다. 도 4 는 본 발명의 일 실시형태에 따라서 기관 (10) 을 세정하기 위한 하나의 이러한 근접 헤드 장치 (200) 를 예시한다. 장치 (200) 는 기관 (10) 의 표면 (15) 상에서 세정 재료를 디스펜싱하기 위한 디스펜서 헤드 (204a) 를 근접 헤드의 형태로 포함한다. 디스펜서 헤드 (204a) 는 기관의 표면에 세정 재료를 전달하기 위한 인렛 포트를 포함한다. 인렛 포트의 크기는 세정 재료의 용이한 공급을 가능하게 하는 크기로 되도록 구성된다. 일 실시형태에서, 인렛 포트의 크기는 약 0.875mm 내지 약 10mm 사이이다. 디스펜서 헤드 (204a) 는 기관 표면에 세정 재료를 공급하는 세정 재료 저장소 (231) 에 커플링된다. 일 실시형태에서, 디스펜서 헤드 (204a) 는 기관 (10) 의 표면에 인접하도록 홀딩된다. 근접 헤드(들) 을 이용하여 기관을 세정하기 위한 예시적인 장치의 세부사항은, 발명의 명칭이 "Single Substrate Processing Head for Particle Removal Using Low Viscosity Fluid" 이고 2008년 6월 30 일자로 출원된 미국 특허 출원 번호 제 12/165,577 호에서 찾을 수 있고, 그 전체는 본 명세서에 참조로서 통합된다.

[0028] 세정액의 점탄성이 최대 파티클 제거 효율을 제공하는데 완벽하게 이용되도록 보장하기 위해, 웨이퍼 표면으로부터 세정액을 린싱하는 것은 최적의 방식으로 수행되어야만 한다. 한정된 화학물질 세정 (C3) 헤드는 기관의 표면으로부터의 세정 매질의 제거를 위한 가장 효율적인 방식을 제공한다. C3 헤드 및 세정액 참조에 대한 더 많은 정보는, 발명의 명칭이 "Materials for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media" 로 2008년 6월 2일 출원된 미국 특허 출원 번호 제 12/131,654 호 (대리인 도켓 번호 LAM2P628A), 발명의 명칭이 "Methods for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media" 로 2008년 6월 2일 출원된 미국 특허 출원 번호 제 12/131,660 호 (대리인 도켓 번호 LAM2P628C), 발명의 명칭이 "Apparatus for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media" 로 2008년 6월 2일자로 출원된 미국 특허 출원 번호 제 12/131,667 호 (대리인 도켓 번호 LAM2P628G) 에서 찾을 수 있고, 이들은 참조로서 본 명세서에 통합된다. C3 헤드에 의해 실현된 DIW 린스 메니스커스 인터페이스는 유체의 점탄성으로 인해 기관의 표면에서 파티클 제거를 가능하게 하는 세정액에 풀링 힘 (pooling force) 을 제공한다. 메니스커스 인터페이스상에 2 상 플로우 (액체 + 기체) 를 갖는 것은 최대 파티클 제거 효율을 달성하기 위해 중요하다.

[0029] 선택적으로, 이 장치는 또한 기관 (10) 의 표면 (15) 을 린싱하고 건조하기 위한 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 을 포함할 수도 있다. 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 는, 디스펜서 헤드 (204a) 에 의해 디스펜싱된 세정 재료의 막에 의해 커버된 기관 표면 (15) 을 린싱하기 위해 린싱액을 제공하는 린스 액체 저장소 (232) 에 커플링된다. 또한, 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 는 웨이스트 (waste) 저장소 (233) 및 진공 (234) 에

커플링된다. 웨이스트 저장소 (233) 는 기관 표면 (15) 으로부터 제거된 오염물질들과 세정 재료의 혼합물 및 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 에 의해 디스펜싱된 린스 액체를 수용 및 홀딩한다.

[0030] 일 실시형태에서, 기관 (10) 은 기관 지지 메커니즘 (미도시) 을 이용하여 디스펜서 헤드 (204a) 및 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 하부에 수용, 지지 및 이송된다. 기관 (10) 의 표면 (15) 은 디스펜서 헤드 (204a) 하부에서 이동하기 때문에 세정 재료에 의해 먼저 처리된다. 세정 재료는 기관 표면 (15) 의 적어도 일부를 커버하기 위해 박막으로서 디스펜싱된다. 그후, 기관 표면 (15) 은 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 에 의해 디스펜싱된 린스 액체를 이용하여 린싱되고 건조된다. 세정 재료의 공급력 및 세정 재료의 공급과 관련된 기관의 상대적인 모션은 PVA 파티클들을 오염물질에 인접하게 이동시켜 그 오염물질들과 상호작용하도록 할 수 있는 전단력을 생성한다. 세정 재료의 PVA 파티클은 기관 (10) 의 표면 (15) 에 추가적인 에너지를 제공하는 소프트 마이크로 브러시로서 작용한다. PVA 파티클은 오염물질 상에 추가적인 에너지를 가하는 레버로서 작용하고 기관 표면 (15) 으로부터 오염물질들을 릴리즈하도록 돕는다.

[0031] 대안적으로, 기관 (205) 은 안정적 (고정적) 으로 유지될 수 있고, 디스펜서 헤드 (204a) 및 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 는 이동된다. 이동가능한 기관을 갖는 실시형태에 언급된 바와 같이, 이동 디스펜서 헤드 및 린스 및 건조 헤드에 의해 제공된 추가적인 힘은 PVA 파티클들이 오염물질 상에서 작용하도록 돕고 기관의 표면으로부터 오염물질들을 릴리즈하도록 돕는다.

[0032] 일 실시형태에서, 디스펜서 헤드 (204a) 및 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 는 단일 시스템에 속한다. 이 실시형태에서, 기관 지지 메커니즘은 세정 재료가 디스펜싱되는 디스펜서 헤드 (204a) 하부에 먼저 기관 (10) 을 이동시키고 그후 린스 액체가 세정 재료 및 오염물질들과 함께 디스펜싱되고 제거되는 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 하부에 기관 (10) 을 이동시키도록 이용된다. 다른 실시형태에서, 디스펜서 헤드 (204a) 및 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 는 2 개의 별개의 시스템들에 속한다. 세정 재료는 디스펜서 헤드 (204a) 하부에서 기관을 이동시킴으로써 디스펜서 헤드 (204a) 를 갖는 제 1 시스템 내에서 기관 (10) 의 표면 (15) 상에서 디스펜싱된다. 그후, 기관은 린스 및 건조 장치를 통해서 제 2 시스템으로 이동된다. 일 실시형태에서, 린스 및 건조 장치는 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 이다. 실시형태들은 근접 헤드로 한정되지 않지만, 세정 재료 및 린스 액체를 디스펜싱하기 위해 다른 장치를 포함할 수 있다.

[0033] 일 실시형태에서, 기관의 상부 표면에 세정 재료 및 린스 액체를 공급하는 디스펜서 헤드 (204a) 및 린스 및 건조 헤드 (204b-1) 뿐만 아니라, 추가적인 디스펜서 헤드 및/또는 린스 및 건조 헤드가 기관 (10) 의 저부 표면을 커버하기 위해 제공될 수도 있다. 도 4 는 하나의 이러한 실시형태를 예시한다. 도 4 에 예시된 바와 같이, 기관의 아래쪽 표면을 세정하기 위해 표면 (10) 아래에 제공된 2 개의 추가적인 린스 및 건조 헤드들 (204b-2 및 204b-3) 이 존재한다. 도 4 에 도시된 바와 같이, 일 실시형태에서, 2 개의 하부 린스 및 건조 헤드들 (204b-2 및 204b-3) 은 대응 린스 액체 저장소 (232'), 웨이스트 저장소 (233') 및 진공 (펌프) (234') 에 커플링된다. 다른 실시형태에서, 하부 린스 및 건조 헤드들 (204b-2 및 204b-3) 각각은 별도의 린스 액체 저장소들, 별도의 웨이스트 저장소들 그리고 별도의 진공 펌프들에 커플링된다. 또 다른 실시형태에서, 조합된 린스 액체 저장소는 기관 (10) 의 하부 및 상부 모두에 린스 액체를 공급하도록 이용된다. 유사하게, 조합된 웨이스트 저장소 및 조합된 진공 펌프는 기관의 상부 및 저부 모두에 웨이스트 저장소 및 진공을 제공할 수도 있다.

[0034] 당업계에 알려진 바와 같이, 다양한 세정 재료 디스펜서 (204a), 린스 및 건조 헤드들 (204b-1, 204b-2, 204b-3 등) 의 위치에 대한 변화가 제공될 수도 있다. 다양한 디스펜서들 및 린스 및 건조 헤드들의 위치는 서로에 대해 독립적일 수도 있고 서로의 위치에 의존할 수도 있다.

[0035] 도 5 는, 대안적인 실시형태에서, 세정 화학물질 디스펜서 장치의 개략적인 도면을 도시한다. 디스펜서 장치 (270) 는 기관 지지 어셈블리 (272) 를 하우징하는 컨테이너 (271) 를 갖는다. 기관 지지 어셈블리 (272) 는 기관 (10) 을 지지하는 기관 홀더 (273) 를 갖는다. 세정 화학물질 저장 유닛 (미도시) 에 커플링된 디스펜서 암 (275) 은 기관 (10) 의 표면에 세정 화학물질을 제공하도록 이용된다. 디스펜서 암 (275) 은 세정 재료의 용이한 공급을 가능하게 하도록 충분히 크게 되도록 구성된 디스펜서 아웃렛을 포함한다. 기관 지지 어셈블리 (272) 는 기관 홀더 (273) 상에 지지된 기관을 회전시키기 위해 회전 메커니즘 (274) 에 커플링된다. 디스펜서 암은 기관의 표면에 세정 재료를 공급하도록 하는 위치로 이동되는 이동가능한 암일 수도 있다. 어플리케이션의 조합력 및 기관의 상대적인 모션은 오염물질과 상호작용하기 위해 PVA 파티클들에 대한 에너지를 제공한다. PVA 파티클들에 의해 제공된 추가적인 전단력은 기관 표면으로부터 오염물질을 릴리즈하기 위한 레버로서 작용한다. 릴리즈된 오염물질은 세정액의 장쇄 고분자 내에 또는 PVA 파티클들 중

하나 내에 포획되어 세정 재료와 함께 제거된다. 세정 매질에 부유된 PVA 파티클들이 피쳐들의 상부에 있는 몇몇 경우에는 피쳐들 사이에 있는 오염물질 파티클들에 도달하고 근처에 형성된 피쳐/디바이스를 손상시키지 않고 오염물질 상에서 성공적으로 작용하는 소프트 마이크로 브러시들로서 작용하여, 전체적인 세정이 달성될 수 있다.

[0036] 또한, 일 실시형태에서, 세정 재료를 공급하기 위해 이용된 디스펜서 암이 세정 동작 이후에 기관의 표면에 린스 액체를 공급하도록 이용될 수도 있다. 이 실시형태에서, 디스펜서 암은 세정 재료의 공급을 린스 액체의 공급과 스위칭하기 위해 스위칭 메커니즘을 포함할 수도 있다. 대안적인 실시형태에서, 제 2 디스펜서는 기관 표면 (15) 으로부터 세정 재료를 린싱하고 제거하기 위해 린스 액체를 공급하도록 이용될 수도 있다.

[0037] 전술한 실시형태들은 복수의 미크론-크기의 PVA 파티클들을 혼합함으로써 고분자 세정액을 이용하여 강화된 세정을 제공하는 세정 기술을 설명한다. PVA 재료는 세정 도움으로서 업계에 잘 알려져 있다. 종래의 세정 기술들은 롤러 브러시 내의 PVA 재료를 이용하였다. PVA 브러시를 이용하는 가장 큰 단점은 피쳐에 기계적 손상을 도입하는 것이다. PVA 롤러 세정은 콘택트 세정 방법이다. 세정 프로세스 동안, 롤러는 반도체 기관을 터치하고 그 기관에 압력을 제공한다. 이러한 기술은 평면 표면으로부터 파티클들을 제거하는데 매우 효과적일 수도 있지만, 피쳐들에 도입되는 힘은 종종 피쳐들에 기계적 손상을 입히고, 이에 따라 기하학적 형상을 갖는 기관을 세정하는 데는 이용할 수 없다. 현재의 실시형태들에서, PVA 파티클들은 세정액의 장쇄 고분자의 한정 내에 포집된다. PVA 파티클은 기관의 표면과 오염물질 사이의 결합력을 극복하도록 작용하는 전단력을 제공한다. 이러한 응용의 주된 이점은, 세정 재료의 세정액 내에 분산된 PVA 파티클들의 크기로부터 그리고 공급력으로 인해, 세정 재료는 기계적 손상을 가하지 않고 기관의 표면에서 파티클들을 제거한다. PVA 파티클은 기관으로부터 오염물질을 릴리즈하는데 있어서 성공적으로 작용한다.

[0038] 세정액 및 적절한 PVA 파티클의 선택은 디바이스/피쳐와 관련된 복수의 프로세스 파라미터들 및 오염물질들의 유형에 기초한다. 프로세스 파라미터는 피쳐/디바이스를 형성하는 다양한 제조 계층들을 분석함으로써 획득될 수도 있다. 프로세스 파라미터는 오염물질들의 특징 및 디바이스/피쳐의 각각을 규정한다. 각각의 피쳐/디바이스 및 오염물질 각각과 관련된 프로세스 파라미터들 중 몇몇은 유형, 크기, 및 조성 중 하나 이상을 포함한다. 약 0.5 μm 내지 약 200 μm 크기의 PVA 파티클들이 약 0.1% 내지 약 20% 의 중량 퍼센트로 세정액 내에서 분산되고 약 15-1500 ml/min 의 흐름 레이트로 공급될 때, 최적의 세정이 획득된다. 세정 재료는 최적의 세정을 획득하기 위해 실온에서 공급될 수 있다.

[0039] 도 6 은, 본 발명의 일 실시형태에 따라서, 세정 프로세스 이후에 남겨지는 수많은 오염물질들 및 파티클 제거 효율을 도시한다. 세정 재료는 세정액 내에서 PVA 파티클들의 약 1 중량% 내지 약 20 중량% 를 혼합함으로써 제조된다. PRE 는 다양한 사이즈들의 실리콘 질화물 파티클들을 통해서 고의로 퇴적된 파티클 모니터 기관을 이용함으로써 측정된다. 깨끗한 실리콘 기관이 이용된다. 실리콘 질화물은 실리콘 질화물 상에 퇴적된다. 기관상에 퇴적된 실리콘 질화물 파티클의 양은 퇴적 이후에 측정된다. 그후, 이 기관은 세정 재료를 이용하여 먼저 세정되고, 실리콘 질화물 파티클들의 양은 세정 이후에 측정된다. 그후, PRE 는 이하의 식별된 표준 식을 이용하여 계산된다. PRE 는, 세정액을 이용한 처리 이후에, 그리고 세정액이 세정액 내에 PVA 파티클들을 분산시킴으로써 강화된 세정 재료를 이용한 처리 이후에 기관에 대해 계산된다. PRE 는 이하 열거된 식 (1) 에 의해 계산된다.

[0040]
$$PRE = (\text{세정전 카운트} - \text{세정후 카운트}) / \text{세정전 카운트} \dots\dots (1)$$

[0041] SiN 파티클들을 갖는 기관은, 세정시에 강화된 세정액의 효과들을 비교하도록, 표준 세정액 그리고 강화된 세정액을 이용하여 세정 전 그리고 후의 파티클 카운트들을 측정하기 위해 스캐닝된다. 도 6 에서 관찰될 수 있는 바와 같이, 표준 세정액에 대한 PRE 는 약 94% 인 강화된 세정액에 대한 PRE 와 비교하여 약 85.8% 이고, 이것은 강화된 세정제가 기관의 표면으로부터 오염물질들을 제거하는데 더욱 효율적이라는 것을 명백하게 나타낸다. 세정 재료 내의 세정액의 고분자 사슬 및 네트워크는 기관 표면으로부터 릴리즈된 오염물질을 포획하고 포집하는 것을 돕고, 이에 따라, 오염물질들이 기관 표면에 퇴적 또는 재-퇴적되는 것을 방지하여, PVA 파티클들은 기관 표면상의 오염물질들을 더욱 효율적으로 세정하는 역할을 한다.

[0042] 도 7 은, 본 발명의 일 실시형태에 따라서, 여기에 분산된 복수의 미크론 사이즈의 PVA 파티클들을 갖는 세정 재료를 이용하여 기관을 세정하기 위한 프로세스 플로우를 도시한다. 이 기관은 기관 표면으로부터 돌출하는 피쳐/디바이스를 갖는 패터닝된 기관이다. 동작 (710) 에서 예시된 바와 같이, 프로세스는 세정될 기관을 세정 장치에 위치시키는 것으로 시작한다. 이 기관은 세정 장치를 통해서 기관을 이동시키고 기관에 관련하여 이동하는 하나 이상의 디스펜서들에 대해 고정적인 기관 지지 메커니즘 상에 위치될 수 있다. 동작

(720) 에서, 세정 재료는 기관의 표면 상에서 디스펜싱된다. 세정 재료는 고유의 점탄성을 갖는 세정액을 포함한다. 추가적으로, 세정 재료는, 장쇄 고분자를 갖는 단일상 고분자 화합물인 것으로 선택된다. 복수의 마이크론-크기의 건조 PVA 파티클들이 세정액 내에 분산된다. 건조 PVA 파티클들은 세정액으로부터 액체를 흡수하고 팽창하여 세정액의 고분자 사슬 내에 균일하게 부유된다.

[0043] 또한, 기관 세정 방법은, PVA 파티클들과 오염물질 사이의 상호작용이 확립되도록, 기관상에 존재하는 오염물질에 대한 주변에 PVA 파티클들을 놓기 위해 PVA 파티클들에 힘을 가하는 단계를 포함한다. 일 실시형태에서, 세정 재료가 기관 표면상에서 디스펜싱될 때, 힘이 PVA 파티클들 상에 가해진다. 다른 실시형태에서, 세정 재료가 기관 표면상에서 분산될 때 그리고 또한 린스 액체가 기관 표면상에 디스펜싱될 때, PVA 파티클들에 힘이 가해진다. 또한, 이 실시형태에서, 린싱 동안 기관 표면상에 공급된 힘은 PVA 파티클과 오염물질들 사이의 상호작용을 확립하기 위해 오염물질들에 더 가까이 PVA 파티클들을 놓도록 돕는다.

[0044] 일 실시형태에서, 기관에 걸친 세정 재료의 흐름 레이트는 PVA 파티클들로 하여금 오염물질들과의 상호작용을 가능하게 하기 위해 세정 재료의 공급의 힘을 강화시키도록 제어된다. 기관으로부터 오염물질을 제거하기 위한 본 발명의 방법은, PVA 파티클들이 제거될 오염물질들과의 상호작용을 확립하도록 세정 재료의 PVA 파티클들에 힘을 가하기 위한 수단이 존재하는 한, 수많은 상이한 방식으로 구현될 수 있다.

[0045] PVA 파티클들은 추가적인 힘을 제공하는 소프트 마이크로 브러시로서 작용한다. 추가적인 힘은, PVA 파티클들로 하여금 기관 표면으로부터 오염물질의 릴리즈를 돕는 레버로서 작용하는 것을 가능하게 한다. 릴리즈된 오염물질들은, PVA 파티클들 내에 또는 세정 재료의 장쇄 고분자 내에 포집된다. 동작 (730) 에서, 포집된 오염물질들 내의 세정 화학물질은, 기관의 표면으로부터 적절하게 제거되어, 실질적으로 깨끗한 표면을 남긴다.

[0046] 일 실시형태에서, 포집된 오염물질들을 갖는 세정 재료는 진공을 가함으로써 제거된다. 다른 실시형태에서, 린스 액체가 디스펜싱되어 기관의 표면으로부터 적절하게 제거된다. 린스 액체의 제거 동안, 오염물질들을 갖는 세정 재료는 적절하게 제거된다. 제거될 패터닝된 기관상의 오염물질들은, 필수적으로 반도체 웨이퍼 제조 프로세스와 관련된 임의의 유형의 표면 오염물질일 수 있고, 이 반도체 웨이퍼 제조 프로세스는, 미립자 오염물질, 트레이스 금속 오염물질, 유기 오염물질, 포토레지스트 잔해, 웨이퍼 처리 장비로부터의 오염물질, 웨이퍼 베벨 에지 오염물질 및 웨이퍼 후면 미립자 오염물질들을 포함하지만 이에 한정하지 않는다.

[0047] 린스 액체가 오염물질들과 함께 세정 재료를 제거하는데 이용되는 실시형태에서, 린스 액체는 오염물질들과 함께 세정 물질의 효율적인 제거를 용이하게 하도록 신중하게 선택된다. 이 실시형태에서, 선택된 린스 액체 및 그 전달 방법이 세정 동작에서 이용되는 세정 재료를 보충하도록, 린스 액체가 선택된다. 린스 동작 (730) 에 대한 린스 액체는, 기관 표면상에 임의의 화학적 잔여물을 남기지 않고 세정 재료의 완전한 제거를 용이하게 하는 임의의 액체, 예를 들어, DIW 또는 다른 액체일 수 있다. 일 실시형태에서, 린스 액체는 한정된 화학물질 세정 (C3) 헤드를 통해서 공급된다. 그러나, 린스 액체는 최대 파티클 제거 효율을 달성하기 위해 웨이퍼상에서 구현될 수 있는 다양한 방법들이 존재한다.

[0048] 웨이퍼 캐리어와 같은 기관 지지 디바이스에 대한 더욱 상세한 정보에 대해, 2007년 5월 2일 출원된 발명의 명칭이 "HYBRID COMPOSITE WAFER CARRIER FOR WET CLEAN EQUIPMENT" 인 미국 특허 출원 번호 제 11/743,516 호를 참조하고, 본 출원의 양도인에게 양도되었으며, 참조로서 본 명세서에 통합된다.

[0049] 근접 헤드에 대한 추가적인 정보에 대해서는, 2003년 9월 9일자로 출원된 발명의 명칭이 "METHODS FOR WAFER PROXIMITY CLEANING AND DRYING" 인 미국 특허 제6,616,772 호에 개시된 것과 같은 예시적인 근접 헤드에 대한 참조가 이루어질 수 있다. 본 출원의 양수인인 Lam Research Corporation 에게 양도된 이 미국 특허는 본 명세서에 참조로서 통합된다.

[0050] 메니스커스에 대한 추가적인 정보는 2005년 1월 24일 출원된 발명의 명칭이 "METHODS AND SYSTEMS FOR PROCESSING A SUBSTRATE USING A DYNAMIC LIQUID MENISCUS" 인 미국 특허 제 6,998,327 호 및 2005년 1월 24일 출원된 발명의 명칭이 "PHOBIC BARRIER MENISCUS SEPARATION AND CONTAINMENT" 인 미국 특허 제 6,998,326 호에 대한 참조가 이루어진다. 본 출원의 양수인에게 양도된 이 미국 특허들은 그 전체가 참조로서 본 명세서에 통합된다.

[0051] 상부 및 저부 메니스커스에 대한 추가적인 정보를 2002년 12월 24일자로 출원된 발명의 명칭이 "MENISCUS, VACUUM, IPA VAPOR, DRYING MANIFOLD" 인 미국 특허 출원 제10/330,843호에 기재된 예시적인 메니스커스에 대한 참조가 이루어질 수 있다. 본 출원의 양수인인 Lam Research Corporation 에게 양도된 이 미국 특허 출

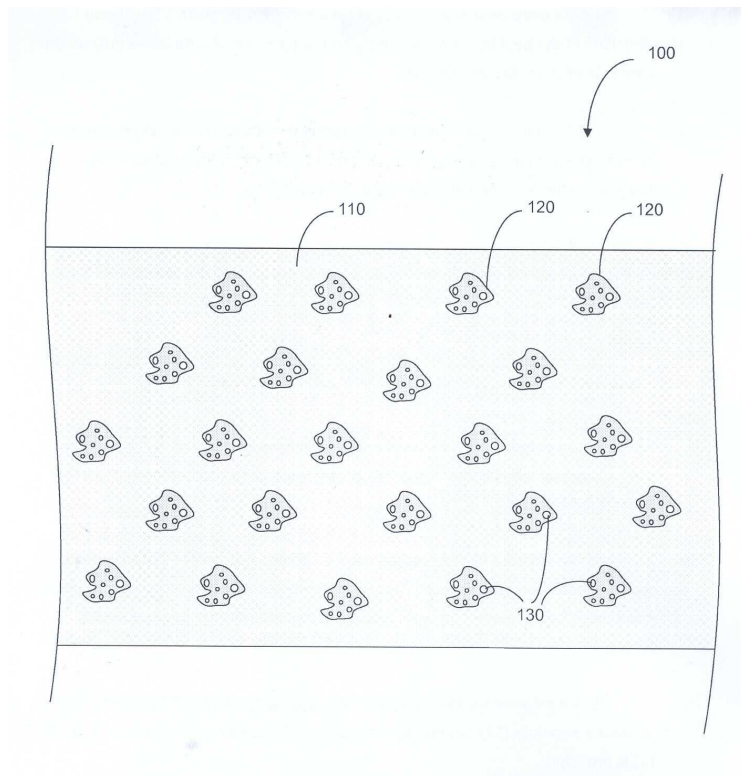
원은 본 명세서에 참조로서 통합된다.

[0052]

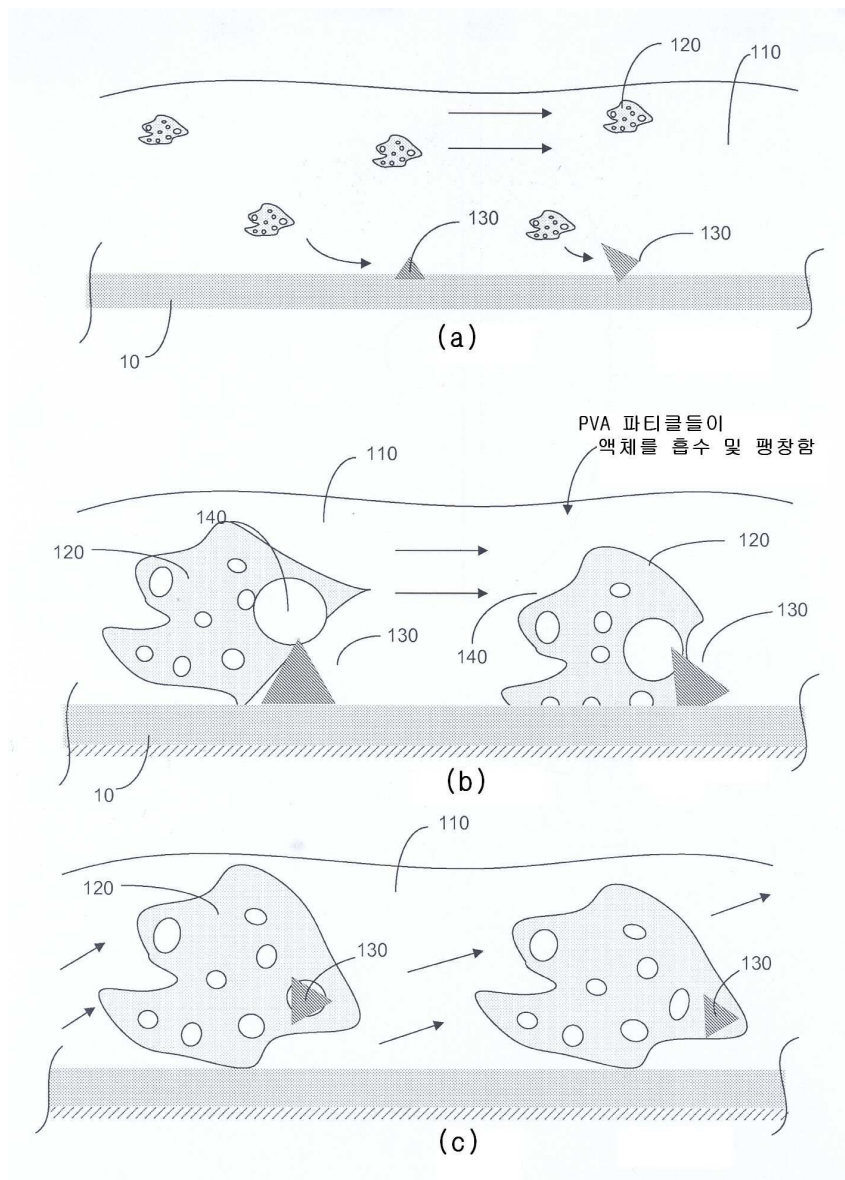
본 발명이 몇몇 실시형태들에 대해 설명되었지만, 당업자에게는 이전의 상세한 설명을 판독하고 도면을 연구할 때 다양한 변형, 부가, 치환 및 이들의 동등물이 실현될 것이라는 것을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명은 본 발명의 진정한 사상 및 범위 내에 포함되는 것으로서, 모든 이러한 변형, 부가, 치환 및 동등물을 포함하는 것으로 의도된다. 청구항에서, 엘리먼트 및/또는 단계들은, 청구항에서 명백하게 언급되지 않는 한, 동작의 임의의 특정 순서를 함축하지 않는다.

도면

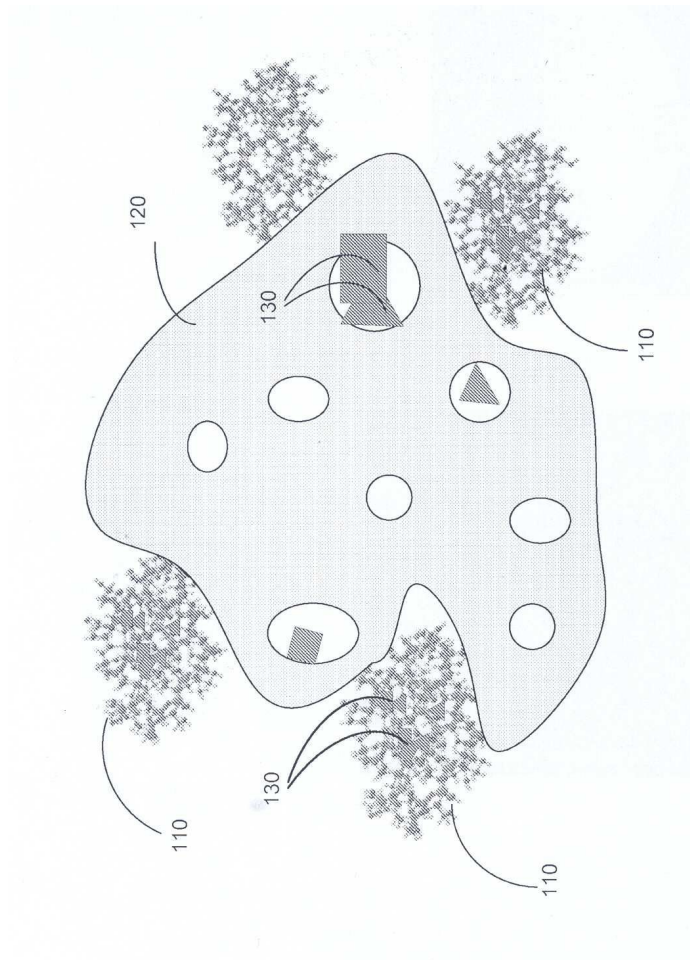
도면1



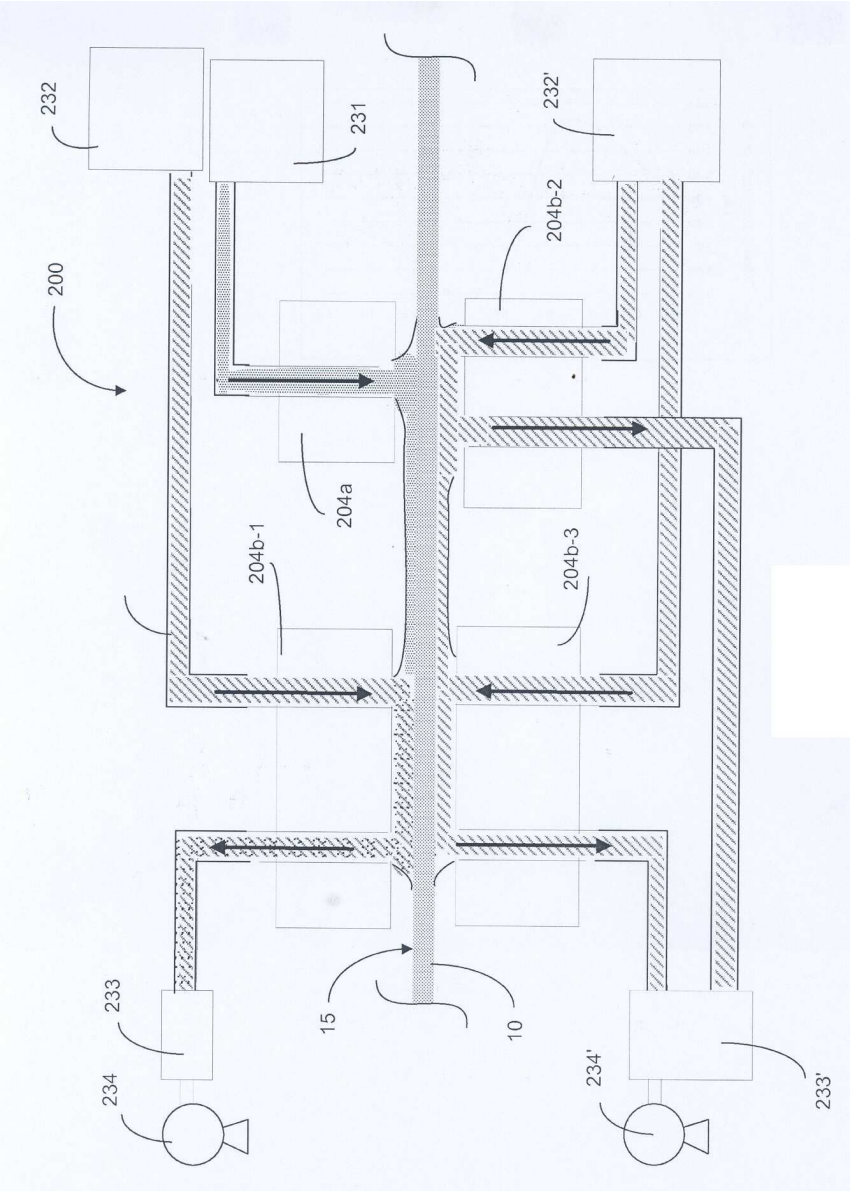
도면2



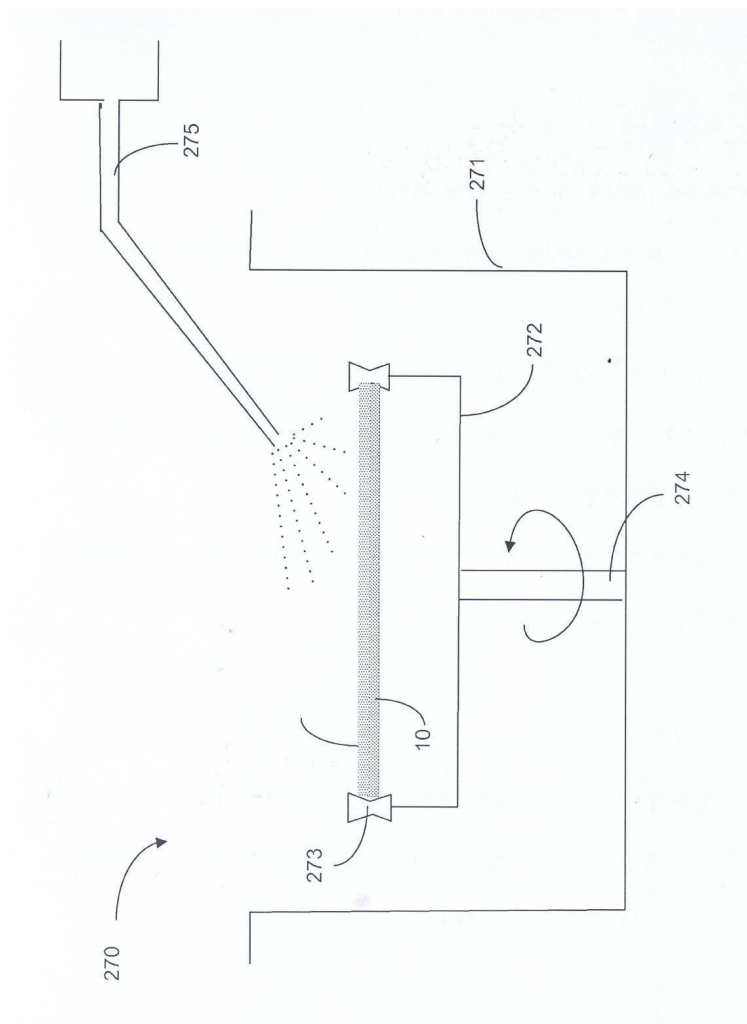
도면3



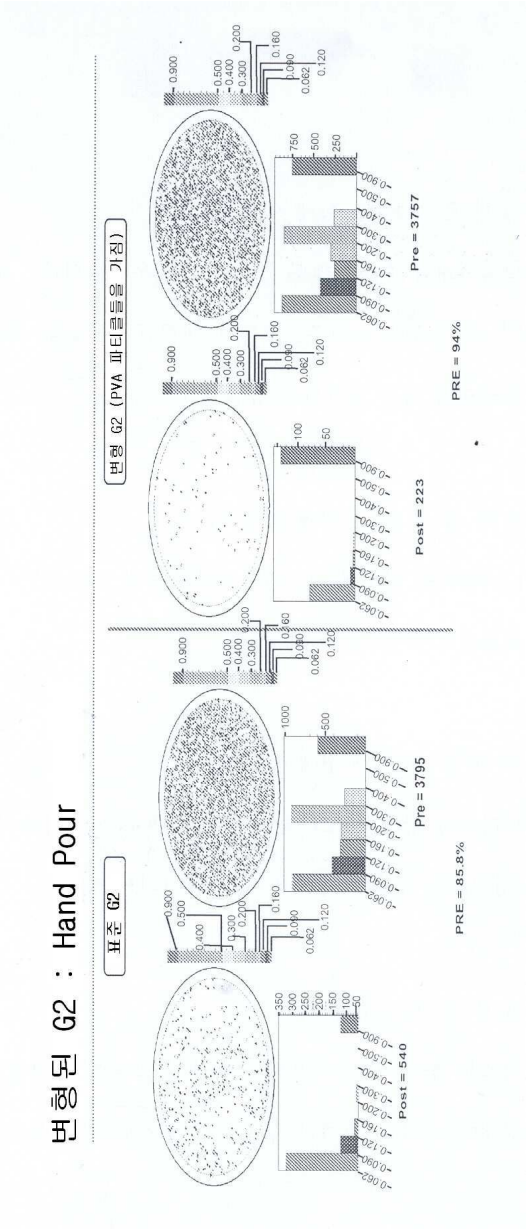
도면4



도면5



도면6



도면7

